

Νικολέττα Ραλλάτου<sup>1</sup> (Μ.Χ.Α), Στέφανος Τσιγδινός<sup>1</sup> (Α.Τ.Μ), Μαρία Λατινοπούλου<sup>1</sup> (Α.Μ)

<sup>1</sup>Μεταπτυχιακοί φοιτητές ΕΜΠ

[nikoletta.rallatou@gmail.com](mailto:nikoletta.rallatou@gmail.com), [stef.tsigdininos@gmail.com](mailto:stef.tsigdininos@gmail.com), [latinopoulou@gmail.com](mailto:latinopoulou@gmail.com)

## **Η Ανάπτυξη Προσανατολισμένη στη Δημόσια Συγκοινωνία (ΤΟD) ως ευκαιρία για μια διαφορετική πόλη. Ανάγνωση των δυνατοτήτων εφαρμογής στη γραμμή 4 του Μετρό της Αθήνας**

### **Περίληψη**

Οι σημερινές πόλεις εμφανίζουν όλο και πιο σύνθετα χαρακτηριστικά. Οι εντατικοί ρυθμοί ζωής που τις συνοδεύουν σε συνδυασμό με την χωρική τους επέκταση καθιστούν απαραίτητη την άρτια προσπέλασή τους. Η προσπέλαση αυτή είναι αναγκαίο να στηρίζεται σε ένα συνδυασμό εναλλακτικών μέσων, περιορίζοντας το αυτοκίνητο. Βασική προϋπόθεση αποτελεί η υιοθέτηση και υλοποίηση ενός ενιαίου πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πολεοδομική ανάπτυξη προσανατολισμένη στη δημόσια συγκοινωνία (Transit Oriented Development-TOD). Η μέθοδος αυτή προτείνει την ανάπτυξη περιοχών μικτών χρήσεων γύρω από τους σταθμούς των μέσων σταθερής τροχιάς.

Στην παρούσα εργασία διερευνάται ο χαρακτήρας και η φυσιολογία των περιοχών άμεσης επιρροής των στάσεων της γραμμής 4 του μετρό της Αθήνας και κατά πόσο οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν στοιχεία TOD ή αν χρειάζονται τροποποιήσεις προκειμένου να οδηγηθούν προς αυτή την κατεύθυνση. Η μεθοδολογία που ακολουθείται περιλαμβάνει, τον χωρικό καθορισμό της ειδικής περιοχής μελέτης, η οποία έχει εμβέλεια ακτίνας 600m (περπάτημα διάρκειας 10λεπτών) γύρω από κάθε σταθμό. Στη συνέχεια, καθορίζονται τα κριτήρια για το χαρακτηρισμό του βαθμού TOD των σταθμών και ακολουθεί η εφαρμογή πολυκριτηριακής ανάλυσης. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται, προέρχονται από διάφορες πηγές όπως η ΕΛΣΤΑΤ, ο ΟΑΣΑ, το openstreetmap κα.

Τα αποτελέσματα δείχνουν την αντίθεση των σταθμών του κέντρου και των προαστίων (μεγάλος και μικρός βαθμός TOD αντίστοιχα), την απουσία ιδιαίτερης διαφοροποίησης στις επιμέρους ιεραρχήσεις που πραγματοποιήθηκαν καθώς και την ανάγκη χωρικής αναδιοργάνωσης τμημάτων της περιοχής μελέτης. Τέλος, τα ευρήματα της έρευνας, που αντιμετωπίζει ενιαία την κυκλοφοριακή και πολεοδομική διάσταση του αστικού χώρου, έχουν τη δυνατότητα να συμβάλλουν σημαντικά σε μια πιο βιώσιμη και κοινωνική πόλη.

Λέξεις κλειδιά: Αθήνα, γραμμή 4 μετρό, TOD, πολυκριτηριακή ανάλυση, GIS

### **Εισαγωγή**

Η παρούσα εργασία αποτελεί το αποτέλεσμα μιας έρευνας σχετικά με ζητήματα που αφορούν στην πόλη και στη σχέση της με τις μεταφορές. Ειδικότερα θέτει ως στόχο την ανάδειξη: της σημασίας σύνδεσης του πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού έναντι των μεμονωμένων και ασύνδετων πολιτικών που συνηθίζονται μέχρι και σήμερα, της σημασίας

στροφής στα μέσα μαζικής μεταφοράς και γενικότερα των εναλλακτικών μετακινήσεων έναντι του αυτοκινήτου, τη δημιουργία μιας άλλης κουλτούρας μετακίνησης περισσότερο συλλογικής και οργανωμένης. Αποτέλεσμα όλων αυτών θα είναι σε μακροπρόθεσμο διάστημα η δημιουργία πιο βιώσιμων και κοινωνικών πόλεων.

Η Αθήνα ως μια μεγαλούπολη με ιδιαίτερα σύνθετα χαρακτηριστικά εμφανίζει την ανάγκη για ανάπτυξη χωρικών πολιτικών με σύγχρονο, συνδυαστικό και ολοκληρωμένο χαρακτήρα. Έτσι, στη βάση της αναγκαιότητας ύπαρξης των μέσων μαζικής μεταφοράς ως βασική κοινωνική εξυπηρέτηση και ιδιαίτερα των μέσων σταθερής τροχιάς, αναλύεται η γραμμή 4 του μετρό της Αθήνας, ως ένα έργο προς υλοποίηση που μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο νέων ερευνών. Το TOD, ως εργαλείο χωρικού σχεδιασμού, μπορεί να αποτελέσει μοχλό αλλαγής του τρόπου προσέγγισης των πόλεων, αφού προκρίνει χαρακτηριστικά εναλλακτικού τρόπου ανάπτυξης, αντιμετωπίζοντας ενιαία το χώρο.

Βασικός στόχος της εργασίας είναι η διερεύνηση του χαρακτήρα και της φυσιογνωμίας των περιοχών άμεσης επιρροής των στάσεων της γραμμής 4 του μετρό της Αθήνας για να διαπιστωθεί κατά πόσο οι εν λόγω περιοχές παρουσιάζουν στοιχεία TOD ή αν δύναται με τροποποιήσεις να οδηγηθούν προς αυτή την κατεύθυνση. Μέσα από τα κριτήρια που επιλέγονται προτείνεται ουσιαστικά ένας νέος τύπος TOD περιοχών βάσει του ευρύτερου θεωρητικού πλαισίου στο οποίο εντάσσεται. Τέλος, δημιουργείται μια μεθοδολογική προσέγγιση αναγνώρισης TOD, η οποία έχει τη δυναμική να αποτελέσει στοιχείο περαιτέρω έρευνας και εφαρμογής, ενώ μέσα από τη σφαιρική προσέγγιση των επιμέρους ζητημάτων που πραγματοποιεί αναδεικνύει και άλλα θέματα που αφορούν τον αστικό χώρο.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο το οποίο πραγματεύεται τη σημασία των μέσων μαζικής μεταφοράς για την πόλη και τα πλεονεκτήματα που εμφανίζουν τα μέσα σταθερής τροχιάς, όπως το μετρό. Στη συνέχεια, τονίζεται η ανάγκη για συνδυασμό του πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού ενώ διερευνάται αν η πολιτική TOD (ανάπτυξη προσανατολισμένη στη δημόσια συγκοινωνία) μπορεί να συμβάλλει στην κατεύθυνση αυτή. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα και αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε σχετικά με το αρχικό ερώτημα και στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία ανάλυσης.

## **Βιβλιογραφική ανασκόπηση**

Τα μέσα μαζικής μεταφοράς έχουν τη δυνατότητα να εξυπηρετούν τις ανάγκες για μετακίνησης μεγάλου όγκου ανθρώπων (Βλαστός, 2007). Στις σημερινές μεγαλουπόλεις, οι οποίες συνεχώς μεγεθύνονται και απλώνουν στο χώρο, η δημόσια συγκοινωνία και δη τα μέσα σταθερής τροχιάς αποτελούν σημαντικό στοιχείο του μεταφορικού συστήματος μιας πόλης. Ένα από τα κύρια μέσα σταθερής τροχιάς είναι το μετρό.

Η παρουσία του μετρό επηρεάζει ποικιλοτρόπως τον αστικό χώρο (Bissell, 2010). Προκαλεί μεταβολές τόσο στα συγκοινωνιακά, όσο και στα πολεοδομικά, κοινωνικο-οικονομικά, αναπτυξιακά και περιβαλλοντικά δεδομένα του περιμετρικού χώρου. Παρουσιάζει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα για τους χρήστες του (μείωση χρόνου μετακίνησης, ασφάλεια, ενθάρρυνση βιώσιμων τρόπων κινητικότητας), για τις περιοχές που διέρχεται (ενδυνάμωση κεντρικών πυρήνων, βελτίωση προσπελασιμότητας απομονωμένων περιοχών, οικονομία χώρου, αναβάθμιση και επανασχεδιασμό), για το περιβάλλον (απουσία παραγωγής ρύπων, χαμηλές ενεργειακές ανάγκες) και για την οικονομία (δημιουργία αναπτυξιακών τάσεων) (Litman,

Impacts of Rail Transit on the Performance of a Transportation System, 2005). Παράλληλα, επηρεάζει την κατανομή, όχι το μέγεθος, της ανάπτυξης μέσα σε μια περιοχή. Διοχετεύει την ανάπτυξη σε υπάρχοντες θύλακες στρέφοντάς την από το γραμμικό πρότυπο της παρόδιας ανάπτυξης (κατά μήκος σημαντικών αξόνων) στην κυκλική ανάπτυξη γύρω από το σταθμό του μετρό.

Η αλληλένδετη σχέση των μεταφορών με την πόλη καθιστά αναγκαία την ανάπτυξη ενιαίου πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού (Βλαστός & Μηλάκης, 2006). Η σύνδεση μεταφορών και μορφής αστικής ανάπτυξης αποτελεί κεντρικό στοιχείο της σύγχρονης χωρικής πολιτικής προς την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης. Το ζήτημα αυτό το οποίο αναδείχθηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 και έκτοτε βρίσκεται στην επικαιρότητα της πρακτικής του σχεδιασμού της αστικής και εν γένει της χωρικής ανάπτυξης, παραμένει ακόμα ανεξερεύνητο στην επιστημονική συζήτηση και κυρίως στην πρακτική του σχεδιασμού στον ελληνικό χώρο.

Από τις σύγχρονες πολιτικές, έχει γίνει πλέον αποδεκτό ότι ο ενδεδειγμένος τρόπος διαχείρισης των αστικών μεταφορών είναι η συσχέτισή τους με τη μορφή τη αστικής ανάπτυξης και η σύνδεσή τους με την πολιτική των χρήσεων γης, ώστε να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή αποτροπή των περιττών μετακινήσεων και χρήσης του ιδιωτικού αυτοκινήτου (Milakis & Vlastos, 2007). Η σύνδεση αυτή κρίνεται πως μπορεί να επιτευχθεί τόσο με την προώθηση μιας πιο συνεκτικής αστικής ανάπτυξης όσο και με μορφές πολεοδομικής οργάνωσης που εξασφαλίζουν και ενισχύουν τη μείξη χρήσεων και λειτουργιών στο χώρο της πόλης.

Η «μορφή αστικής ανάπτυξης» μπορεί να οριστεί ως το χωρικό πρότυπο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που εκφράζεται με παραμέτρους όπως η πυκνότητα, η διαφοροποίηση και εν γένει η χωρική δομή των χρήσεων και των μεταφορών. Από τη διεθνή βιβλιογραφία έχει τονιστεί πολλαπλώς (Litman, 2011, Stead & Marshall, 2001, Hall & Marshall, 2002, Certero, et al, 2015) ότι οι κρίσιμες πλευρές του χωρικού προτύπου και της κατανομής των χρήσεων γης, όπως η πυκνότητα, η μείξη χρήσεων, η εύκολη διασύνδεση λειτουργιών και η δυνατότητα εξυπηρέτησης εντός αποστάσεων που μπορούν να διανυθούν με τα πόδια ή με εναλλακτικά μέσα μεταφοράς επηρεάζουν αναμφίβολα τα πρότυπα μετακίνησης σε μια πόλη, ενώ με διάφορους τρόπους έχει υπογραμμιστεί η σημασία της σύνδεσης των δημόσιων αστικών μεταφορών με πολεοδομικές πολιτικές, όπως ο σχεδιασμός πιο συνεκτικών πόλεων με μεικτές χρήσεις γης και ζωντανών και ελκυστικών κέντρων πόλεων.

Στο πλαίσιο αυτής της γενικής αναγνώρισης για το ρόλο των δημόσιων μεταφορών υπάρχουν διαφορετικές απόψεις ως προς το ποια είναι τα πλέον κατάλληλα μέσα ώστε να επιτευχθεί η αποτελεσματική χρήση των δημόσιων μεταφορών, η καλύτερη σχέση κόστους και αποδοτικότητας, η ολοκλήρωση με τις χρήσεις γης και ο περιορισμός της χρήσης του αυτοκινήτου (Γιαννακού, 2013). Υπό το πρίσμα αυτό εξετάζεται και το ζήτημα της ανάπτυξης προσανατολισμένης στη δημόσια συγκοινωνία (TOD). Η μέθοδος αυτή αναδύθηκε ως ιδέα χωρικού σχεδιασμού σε πόλεις της Β. Αμερικής λειτουργώντας ως μέσο για βιώσιμη αστική ανάπτυξη (πχ Denver). Το TOD ορίζεται γενικά ως μέτρια έως υψηλής πυκνότητας οικιστική και εμπορική ανάπτυξη γύρω από ένα σταθμό διαμετακόμισης. Αντιπροσωπεύοντας την πλήρη σύνδεση πολεοδομικού και συγκοινωνιακού σχεδιασμού ενθαρρύνει μια οριοθετημένη συνεκτική και περπατήσιμη χωρική δομή, η οποία παρέχει βελτιωμένη πρόσβαση σε οικιακές, εμπορικές, γραφειακές και κοινοτικές χρήσεις που βρίσκονται σε εγγύτητα δημιουργώντας όμορφες, ζωντανές, περπατήσιμες γειτονιές (Ratner & Goetz, 2013).

Στόχος της ανάπτυξης αυτής είναι να διαμορφωθεί το αστικό περιβάλλον με τρόπο ώστε οι δημόσιοι πόροι, συμπεριλαμβανομένης της αστικής γης, των υποδομών, της ενέργειας και

να αξιοποιηθούν πιο αποτελεσματικά και ποιοτικά (Fard, 2013). Οι περιοχές TOD αφορούν κατά κύριο λόγο κυκλικές χωρικές διευθετήσεις σε ακτίνα από 400 έως 800 μέτρα, που αντιστοιχούν σε 5 έως 10 λεπτά περπατήματος από μια στάση (Ngo, 2012).

Σχετικά με τον επιτυχημένο σχεδιασμό μιας περιοχής TOD, οι Bernick και Cervero (1996) επικεντρώθηκαν κυρίως στα μέτρα του δομημένου περιβάλλοντος και υπογράμμισαν τον ρόλο των «τριών Ds» (πυκνότητα, ποικιλομορφία και αστικού σχεδιασμού). Ακολούθησε η προσθήκη «δύο ακόμα Ds», από τους Cervero et al. (2009), η προσβασιμότητα προορισμού και η απόσταση από τη διαμετακόμιση. Η διαχείριση της ζήτησης, συμπεριλαμβανομένης της προσφοράς χώρου στάθμευσης και του κόστους, ως «έκτο D» και τα δημογραφικά στοιχεία ως το «έβδομο D».

Σχετικά με τα κριτήρια για την αξιολόγηση των περιοχών TOD υπάρχει πλήθος διαφορετικών αντιλήψεων. Σύμφωνα με τον Fard (2013) οι Renne et al. (2005) πρότειναν μια λίστα με δέκα δείκτες για την αξιολόγηση των περιοχών TOD. Οι δείκτες αυτοί αφορούν στη διαμετακόμιση, στην πυκνότητα, στην ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος, στη μίξη χρήσεων γης, στην προστασία και ασφάλεια των πεζών, στην αύξηση της αξίας των ακινήτων, στην αύξηση των φορολογικών εσόδων, στην αντίληψη του κοινού, στον αριθμό συνδέσεων στο σταθμό διέλευσης, χώρος στάθμευσης. Οι Wey et al. (2016) στην έρευνα που πραγματοποίησαν, έχοντας ως βάση τη διάσταση της οικονομικής αποδοτικότητας, περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και κοινωνικής ισότητας θέτουν εννιά κριτήρια για την αξιολόγηση μιας TOD περιοχής.

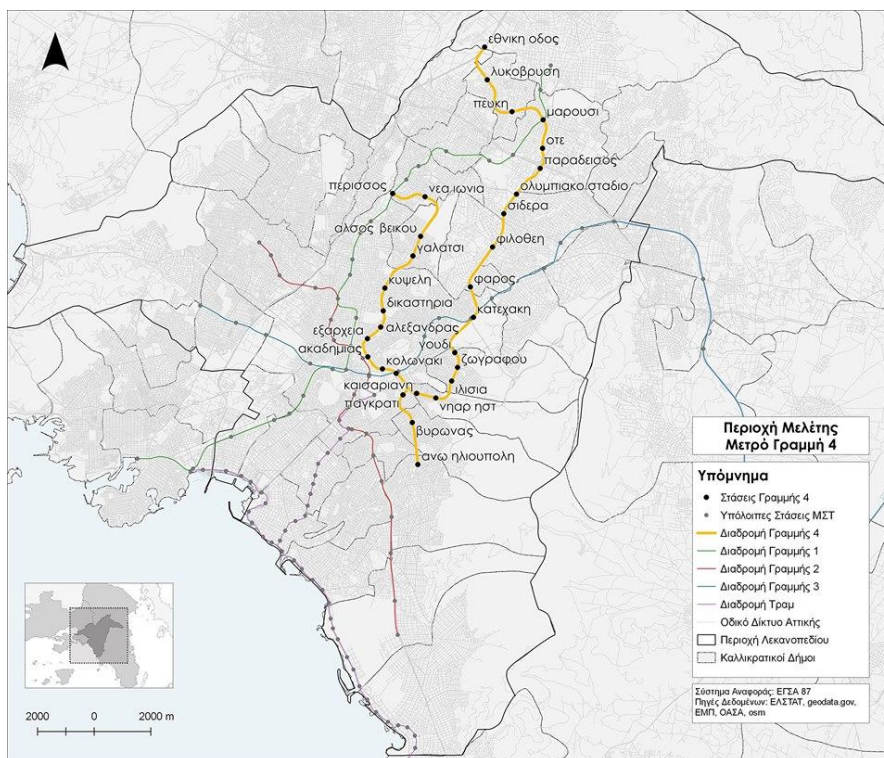
Στη μελέτη των Sohoni et al. (2017) χρησιμοποιούνται επτά δείκτες που αφορούν στο επιβατικό φορτίο, τη συχνότητα των δρομολογίων, την πυκνότητα πληθυσμού και απασχόλησης, το σχεδιασμό στο επίπεδο της γειτονιάς, τη μίξη χρήσεων γης, την ποιότητα του περιβάλλοντος. Οι Black et al. (2016) έχοντας ως βάση τη διάσταση της θεσμικής υποστήριξης, της περιβαλλοντικής και οικονομικής απόδοσης, της ποιότητας του δομημένου περιβάλλοντος και της προσβασιμότητας θέτουν ένα πλήθος σχετικών δεικτών. Επίσης, οι Wydyahari και Indradjati (2015) θέτουν ως κριτήρια τη μίξη χρήσεων γης, την πυκνότητα του κτιρίου και την εμπορική πυκνότητα, για τον προσδιορισμό δυνητικών περιοχών TOD. Τέλος, οι Singh et al. (2014, 2017) προσδιορίζουν τους επιμέρους δείκτες με βάση την πυκνότητα, τη μίξη χρήσεων γης, την δυνατότητα περπατήματος και χρήσης ποδηλάτου, την οικονομική ανάπτυξη, την προσφερόμενη μεταφορική ικανότητα, την φιλικότητα προς το χρήστη του συστήματος διαμετακόμισης, την προσπέλαση και προσβασιμότητα, τη δυνατότητα parking στο σταθμό (park & ride).

## **Μεθοδολογικά βήματα και δεδομένα**

Για τη διερεύνηση της μεθόδου TOD, επιλέχθηκαν οι περιοχές άμεσης επιρροής της γραμμής 4 του μετρό της Αθήνας. Η γραμμή 4 περιλαμβάνει 30 στάσεις και διέρχεται από δεκατέσσερις δήμους της πόλης που εντοπίζονται χωρικά στο κεντρικό, βόρειο και ανατολικό τμήμα του Λεκανοπεδίου Αττικής (Εικόνα 1). Η μεθοδολογική ροή που ακολουθήθηκε αφορά:

- Στον χωρικό καθορισμό της ειδικής περιοχής μελέτης
- Στον καθορισμό των κριτηρίων για το χαρακτηρισμό των TOD περιοχών
- Στην εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης για την ιεράρχηση των στάσεων και ανάγνωση της φυσιογνωμίας τους

- Στη χωρική απεικόνιση των αποτελεσμάτων



**Εικόνα 1:** Χαρτογραφική Απεικόνιση της περιοχής μελέτης

Από τη μελέτη της βιβλιογραφίας γίνεται σαφές ότι η απόσταση περπατήματος από ένα σταθμό μετρό υπολογίζεται περίπου στα 400-600-800 μέτρα για χρόνο περπατήματος 5-10-15 λεπτά αντίστοιχα. Σύμφωνα με έρευνα του Χρονόπουλου και Βλαστού (2007) ο χρόνος που υπολογίστηκε για περπάτημα στον αστικό ιστό της Αθήνας είναι ίσος με 3,5km/h. Ο χρόνος λαμβάνει υπόψη τα εμπόδια, τη μορφή του οδικού δικτύου και άλλους παράγοντες. Έτσι, επιλέγεται η ακτίνα των 600 μέτρων γύρω από κάθε σταθμό ως η μέση ανεκτή απόσταση περπατήματος (Canepa, 2007, Crowley et al, 2009, Sohoni et al., 2017).

Στη συνέχεια για την ανίχνευση του κατά πόσο ο χώρος, στο πλαίσιο της ακτίνας των 600 μέτρων γύρω από το σταθμό, συνιστά περιοχή TOD ή όχι επιλέχθηκαν ορισμένες παράμετροι. Η επιλογή των παραμέτρων έγινε με κριτήρια όπως τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει μέχρι σήμερα από ανάλογες ερευνητικές προσπάθειες, τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και το ενδιαφέρον που παρουσιάζει η εξέταση αυτών στον ελληνικό χώρο (Πίν. 1).

Έπειτα, για την ιεράρχηση των περιοχών άμεσης επιρροής των σταθμών της γραμμής 4 πραγματοποιήθηκε πολυκριτηριακή ανάλυση. Η πολυκριτηριακή ανάλυση είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία στήριξης αποφάσεων καθώς έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει υπόψη τις πολλαπλές οπτικές ενός προβλήματος (Vreeker et al, 2002). Χρησιμοποιείται σε διάφορες περιπτώσεις με κυριότερες την ταξινόμηση, ιεράρχηση και αξιολόγηση διαφορετικών εναλλακτικών λύσεων (Γιαουτζή & Στρατηγέα, 2011). Τα βασικά συστατικά μιας πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι οι εναλλακτικές λύσεις, τα κριτήρια και τα βάρη των κριτηρίων αυτών (Huang et al, 2011).











Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι εκείνη της REGIME, η οποία συνιστά μια διακριτή μέθοδο πολυκριτηριακής αξιολόγησης που δέχεται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά δεδομένα (Vreeker et al, 2002). Τα αποτελέσματα που προκύπτουν αναδεικνύουν ποιοι σταθμοί έχουν ένα σημαντικό επίπεδο TOD και ποιοι υστερούν σε αυτό. Η εφαρμογή της μεθόδου REGIME πραγματοποιήθηκε τρεις φορές στο περιβάλλον του λογισμικού DEFINITE με σκοπό

την παραγωγή πολύπλευρων αποτελεσμάτων. Στην πρώτη εφαρμογή τα κριτήρια θεωρήθηκαν ισοβαρή, ενώ στις υπόλοιπες ανισοβαρή. Σχετικά με τις ανισοβαρές εφαρμογές στη μια τα κριτήρια ιεραρχήθηκαν με έμφαση στην πολεοδομική διάσταση (χρήσεις γης, πυκνότητα, δημόσιος χώρος, περπατησιμότητα και συγκοινωνία) και στη δεύτερη στην κυκλοφοριακή (περπατησιμότητα, συγκοινωνίες, χρήσεις γης, πυκνότητα, δημόσιος χώρος).

Τέλος, η χωρική απεικόνιση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον γεωγραφικών πληροφοριών (GIS). Η κατηγοριοποίηση των αποτελεσμάτων έγινε σε 5 ίσα διαστήματα προκειμένου να φανεί η χωρική διαφοροποίηση του φαινομένου και τις ενδεχόμενες συγκεντρώσεις υψηλών ή χαμηλών τιμών (Singh et al, 2017). Ακόμα, δημιουργήθηκε πίνακας με τα δυνατά και αδύνατα σημεία κάθε σταθμού. Ως δυνατά θεωρήθηκαν εκείνα όπου είχαν δείκτη μεγαλύτερο του 0,8, ενώ ως αδύνατα εκείνα που ο δείκτης τους δεν ξεπερνούσε το 0,2, σε μια κανονικοποιημένη κλίμακα από 0 έως 1.

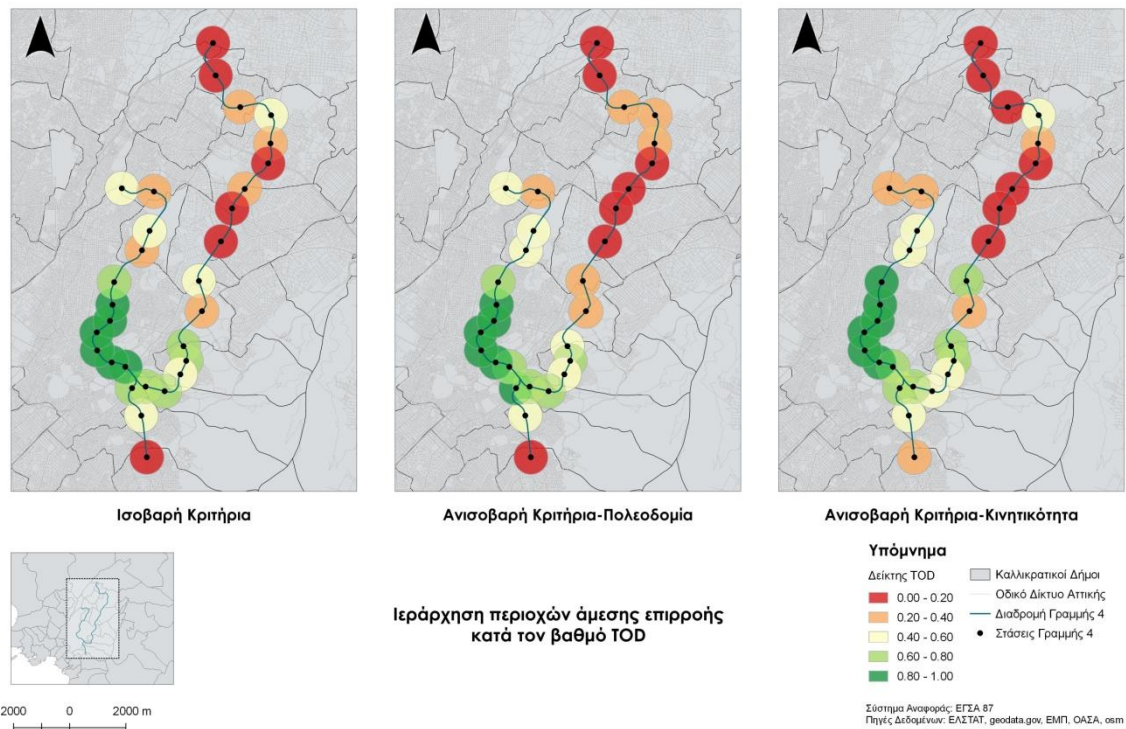
Σχετικά με τα δεδομένα, βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκε η ανάλυση, αυτά ανακτήθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ (K1, K2, K4, K5, K8), το openstreetmap (K3), το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (K9, K10) και τον ΟΑΣΑ (K6, K7), ενώ επεξεργάστηκαν σε περιβάλλον ms excel.

**Πίνακας 1:** Κριτήρια αξιολόγησης (Εικόνες-thenounproject)

α/α	Κατηγορία	Σύμβολο	Κριτήρια	Υπολογισμός	Στόχος
1	Πυκνότητα		Πληθυσμιακή Πυκνότητα (Ατομα/Εκτάριο)	$D_{pop} = \frac{N_{residents}}{A_{buffer}}$	Οι αστικές πυκνότητες είναι απαραίτητες για τη δημιουργία περιοχών που βασίζονται στη δημόσια συγκοινωνία
			Πυκνότητα εμπορικών δραστηριοτήτων (%)	$D_{retail} = \frac{N_{retail\ stores}}{N_{total\ uses}}$	
2	Περπατησιμότητα		Ποσοστό μήκους πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων (%)	$I_{w+b} = \frac{L_{walking} + L_{bicycle}}{L_{road\ network}}$	Η δυνατότητα για άνετο και ασφαλές περπάτημα και ποδηλασία (μεγάλο ποσοστό πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων, μεγάλος αριθμός διασταυρώσεων και μεγάλη συνδέσιμότητα του δικτύου) συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση του βαθμού TOD των περιοχών γύρω από το σταθμό του μετρό
			Πυκνότητα διασταυρώσεων	$D_{int} = \frac{N_{intersections}}{A_{buffer}}$	
			Δείκτης Συνδεσιμότητας Γάμμα	$\gamma = \frac{e}{3(v-2)}$	
3	Συγκοινωνίες		Εξυπηρέτηση από οδική δημόσια συγκοινωνία (λεωφορεία/ημέρα)	$S_{bus} = \sum_i^{bus\ stops} N_{buses}$	Η προσπελάσιμότητα με εναλλακτικά μέσα ενισχύεται μέσα από τη συνεργασία των επιμέρους μέσων. Η μεγάλη συχνότητα λεωφορείων και η παρουσία στάσεων σε εγγύτητα με το σταθμό μετρό είναι ένα βήμα προς τη δημιουργία περιοχών TOD
			Μέση απόσταση σταθμού από στάσεις λεωφορείων (m)	$MSD = \frac{\sum dij}{j}$	
4	Χρήσεις Γης		Μίξη χρήσεων γης (Εντροπία)	$E = -\sum_j p_j \times \frac{\ln(p_j)}{\ln(j)}$	Απαραίτητη προϋπόθεση του TOD. Η ποικιλομορφία των χρήσεων γης δημιουργεί ένα ζωντανό χώρο περιμετρικά από το σταθμό
5	Δημόσιοι Χώροι		Ποσοστό έκτασης δημόσιων χώρων (%)	$I_{public\ space} = \frac{\sum A_{public\ space}}{A_{buffer}}$	Οι δημόσιοι χώροι συμβάλλουν στην κοινωνικοποίηση και βιώσιμότητα μιας περιοχής. Όσο μεγαλύτερη η έκταση έχουν και όσο πιο κοντά στο σταθμό του μετρό είναι (μεγαλύτερη χωρική αλληλεπίδραση) τόσο το καλύτερο
			Μέση απόσταση σταθμού από δημόσιο χώρο (m)	$MSD = \frac{\sum dij}{j}$	

## Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι τρεις ιεραρχήσεις των περιοχών άμεσης επιρροής βάσει του βαθμού TOD.



Εικόνα 2: Χωρική Απεικόνιση Αποτελεσμάτων-Ιεράρχηση κατά βαθμό TOD

Παρατηρείται ότι υπάρχει μικρή διαφοροποίηση στα αποτελέσματα μεταξύ των ιεραρχήσεων. Κατά κύριο λόγο και για τις τρεις, ο κεντρικός πυρήνας εμφανίζει ενιαίες τιμές, ενώ διαφοροποιήσεις εντοπίζονται στο βόρειο και ανατολικό τμήμα της γραμμής 4. Ιδιαίτερη αντίθεση παρατηρείται μεταξύ κεντρικών και προαστιακών περιοχών. Διακρίνεται, ότι στο κέντρο υπάρχει σε σημαντικό βαθμό η δυνατότητα ανάπτυξης προσανατολισμένης στη δημόσια συγκοινωνία. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι οι κεντρικές περιοχές παρουσιάζουν ήδη κάποια από τα χαρακτηριστικά TOD (μίξη χρήσεων, συνδεσιμότητα κ.λπ.).

Από την άλλη μεριά, οι περιοχές προς τα προάστια και ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα, εμφανίζουν μικρότερες τιμές TOD, με την πλειοψηφία να τείνει προς το μηδέν. Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι οι εν λόγω περιοχές είναι κατά βάση μονολειτουργικές, με μικρούς θύλακες μίξης δραστηριοτήτων. Επιπλέον, τα αποτελέσματα μπορούν να συσχετισθούν και με το θεσμικό πλαίσιο (π.χ. ΓΠΣ), όπου η θεσμοθετημένη αμιγής κατοικία εντοπίζεται κατά κύριο λόγο στα προάστια ευνοώντας τη μονολειτουργικότητα σε αντιδιαστολή με τις κεντρικότερες περιοχές που έχουν το χαρακτήρα του πολυενοποιημένου κέντρου και της γενικής κατοικίας. Εξαιρεση αποτελούν ίσως τα κέντρα γειτονιάς αυτών, τα οποία, ωστόσο, μπορεί να μη συμπίπτουν με την περιοχή γύρω από το σταθμό.

Οι κεντρικές περιοχές, οι οποίες εμφανίζουν υψηλότερο βαθμό TOD, κρίνεται ότι διαχέουν τα χαρακτηριστικά του TOD στην ευρύτερη περιοχή επιρροής τους. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η στατιστική συσχέτιση της απόστασης του κέντρου της πόλης και του βαθμού TOD. Παρατηρείται ότι όσο μεγαλώνει η απόσταση από το κέντρο ο βαθμός TOD μειώνεται (δείκ-

της 0,8 περίπου). Τέλος, ενδεχόμενες ασυνέχειες που παρουσιάζονται σε κάθε ιεράρχηση αφορούν σε επιμέρους ιδιαιτερότητες κάθε σταθμού.

















Σε μια βαθύτερη ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την πολυκριτηριακή ανάλυση, μέσω της μεθόδου REGIME, γίνεται σαφές ότι στην ισοβαρή ιεράρχηση μεγαλύτερη τιμή συγκεντρώνει η στάση «Αλεξάνδρας», και μικρότερη η «Εθνική Οδός», το ίδιο και στην ανισοβαρή με έμφαση την πολεοδομική διάσταση. Στην ανισοβαρή με έμφαση στην κυκλοφορία μεγαλύτερη τιμή συγκεντρώνει η στάση «Ακαδημίας» και μικρότερη η «Εθνική Οδός».

Για περαιτέρω εμβάθυνση σχετικά με τα αποτελέσματα που προέκυψαν, παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας, ο οποίος αποτελεί εργαλείο για τον επαναπροσδιορισμό της χωρικής οργάνωσης με άξονα το TOD. Σχετικά με τα δυνατά στοιχεία που εμφανίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό είναι η μίξη χρήσεων γης και η συνδεσιμότητα. Αντίθετα, τα αδύναμα στοιχεία εμφανίζονται πιο πολλά με κυρίαρχα την πυκνότητα, τη βιώσιμη κινητικότητα (περπάτημα, ποδήλατο), την εξυπηρέτηση από τα MMM και το ποσοστό έκτασης των δημοσίων χώρων.

**Πίνακας 2:** Αδύναμα και δυνατά στοιχεία των σταθμών (Εικόνες-thenounproject)

Στάσεις	Αδύναμα στοιχεία	Δυνατά στοιχεία
Ακαδημίας		
Αλεξάνδρας		
Άλσος Βεΐκου		
Άνω Ηλιούπολη		
Βύρνας		
Γαλάτσι		
Γουδί		
Δικαστήρια		
Εθνική οδός		
Εξάρχεια		
Ευαγγελισμός		
Ζωγράφου		
Ιλίσια		
Καισαριανή		
Κατεχάκη		
Κολωνάκι		
Κυψέλη		
Λυκόβρυση		
Μαρούσι		
Νέα Ιωνία		



Νήαρ Ηστ		
Ολυμπιακό Στάδιο		
ΟΤΕ		
Παγκράτι		
Παράδεισος		
Περισσός		
Πεύκη		
Σίδερα		
Φάρος		
Φιλοθέη		

## Συμπεράσματα

Κλείνοντας την παρούσα έρευνα παρατίθενται ορισμένα πορίσματα που προκύπτουν μέσα από τη διερεύνηση των δυνατοτήτων εφαρμογής της μεθόδου TOD στη γραμμή 4 του μετρό της Αθήνας. Αρχικά, γίνεται φανερή η αντίθεση κεντρικών και προαστιακών σταθμών ως προς τα χαρακτηριστικά TOD (η μεγαλύτερη απόσταση από το κέντρο σηματοδοτεί και λιγότερα στοιχεία TOD). Μεταξύ των τριών ιεραρχήσεων που εφαρμόστηκαν δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις. Παράλληλα, μέσα από την έρευνα έγινε σαφές ότι στο σύνολό της η περιοχή μελέτης συγκεντρώνει σε μικρό ποσοστό τα χαρακτηριστικά TOD, ενώ έγινε μια προσπάθεια για τον εντοπισμό των TOD χαρακτηριστικών στα οποία υστερεί ο κάθε σταθμός, έτσι ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα. Το 50% των σταθμών εμφανίζονται ως αδύναμα κοινά στοιχεία. Αποτελεί κρίσιμο ζήτημα κατά πόσο θα μπορέσει να εφαρμοστεί ενιαίος συγκοινωνιακός και πολεοδομικός σχεδιασμός, προκειμένου η νέα γραμμή εκτός από το διεκπεραιωτικό της ρόλο να συμβάλλει και σε γενικότερες αλλαγές, προς μια πιο ζωντανή και κοινωνική χωρική οργάνωση. Το στάδιο ερευνητικής διερεύνησης είναι ακόμη πρώιμο, αφού η γραμμή 4 δεν έχει υλοποιηθεί στον γεωγραφικό χώρο και αδιαμφισβήτητα θα επέλθουν μετασχηματισμοί, οι οποίες δεν είναι εμφανείς προσωρινά. Στο πλαίσιο αυτό ενδέχεται τα σημερινά αποτελέσματα της έρευνας να αλλάξουν. Ωστόσο, για τον προγραμματικό προσανατολισμό και την οργάνωση των στοιχείων του χώρου θέτοντας και μια κοινωνική οπτική, κρίνεται ότι η έρευνα αυτή θα μπορέσει να αποτελέσει ένα εργαλείο, έτσι ώστε να αποκαλυφθούν οι δυνατότητες και οι αδυναμίες των περιοχών που διέρχεται η γραμμή, προκειμένου ο σχεδιασμός να κινηθεί σε μια πιο λειτουργική κατεύθυνση.

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν προτείνεται η διατήρηση των χαρακτηριστικών που εμφανίζουν οι κεντρικοί σταθμοί και η περαιτέρω ενίσχυσή τους καθώς και η εφαρμογή μέτρων βάσει προτεραιοτήτων στους σταθμούς που εντοπίστηκαν αδυναμίες. Ενδεικτικές προτάσεις που θα συμβάλλουν στην ενίσχυση του TOD χαρακτήρα των περιοχών είναι πιθανές αλλαγές στις χρήσεις γης, η έμφαση στο περπάτημα, την προσπελασιμότητα, η συνδεσιμότητα των MMM και η αλλαγή των πυκνοτήτων σε μακροπρόθεσμο πλαίσιο. Η έρευ-

να αυτή αποτελεί ένα πρώτο βήμα. Σαν συνέχεια αυτού, θα ήταν ενδιαφέρον να εντοπιστούν οι αλλαγές μετά την υλοποίηση της γραμμής. Παράλληλα, φανερώνονται κι άλλες πλευρές διερεύνησης του θέματος όπως η εστίαση σε συγκεκριμένες στάσεις και την ευρύτερη ακτίνα τους ώστε να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά τους σε μεγαλύτερο βάθος. Τέλος τα μεθοδολογικά βήματα μπορούν να αξιοποιηθούν και για άλλες γραμμές μετρό. Με βάση την παρούσα έχουν τη δυνατότητα να δημιουργηθούν και άλλες εργασίες αναδιοργάνωσης του χώρου με ενιαία πολεοδομική και συγκοινωνιακή οπτική.

## Αναφορές

- Bernick, M., & Cervero, R. (1996). *Transit Villages in the 21st Century*. New York: McGraw-Hill.
- Bissell, D. (2010). Passenger mobilities: affective atmospheres and the sociality of public transport. *Environment and Planning D: Society and Space*, 28 , σσ. 270-289.
- Black, J., Tara, K., & Pakzad, P. (2016). Planning and Design Elements for Transit Oriented Developments/Smart Cities: Examples of Cultural Borrowings. *Procedia Engineering*, 142 , σσ. 2-9.
- Canepa, B. (2007). Bursting the Bubble: Determining the Transit-Oriented Development's Walkable Limits. *Transportation Research Record*, 1992 , σσ. 28-34.
- Cervero, R., Milakis, D., & van Wee, B. (2015). Stay local or go regional? Urban form effects on vehicle use at different spatial scales: A theoretical concept and its application to the San Francisco Bay Area. *The Journal of Transport and Land Use*, 8, 2 , σσ. 59-86.
- Cervero, R., Sarmiento, O., Jacoby, E., Gomez, L. F., & Neiman, A. (2009). Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3, 4 , σσ. 203-226.
- Crowley, D., Shalaby, A., & Zarei, H. (2009). Access Walking Distance, Transit Use, and Transit-Oriented Development in North York City Center, Toronto, Canada. *Transportation Research Record*, 2110 , σσ. 96-105.
- Fard, P. (2013). Measuring Transit Oriented Development: Implementing a GIS-based analytical tool for measuring existing TOD levels. *Msc Thesis, Msc Geo-information Science and Earth Observation, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente* . Enschede, The Netherlands.
- Hall, P., & Marshall, S. (2002). *The Land Use Effects of 'The 10 Year Plan'*. London: Independent Transport Commission.
- Huang, I., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, 409 , σσ. 3578-3594.
- Litman, T. (2005). Impacts of Rail Transit on the Performance of a Transportation System. *Transportation Research Record*, 1930 , σσ. 23-29.
- Litman, T. (2011). *Land Use Impacts on Transport: How Land Use Factors Affect Travel Behavior*. Victoria, Canada: Victoria Transport Policy Institute.
- Milakis, D., & Vlastos, T. (2007). Urban characteristics and travel behaviour on the macro- and micro- scale. An integrated approach for the case of Athens. *Proceedings of the 11th World Conference on Transport Research (24-28/6/2007)* . Berkeley, CA.

- Ngo, V. D. (2012). Identifying Areas for Transit-Oriented Development in Vancouver Using GIS. *Trail Six: An Undergraduate Journal of Geography*, 6 , σσ. 91-102.
- Ratner, K., & Goetz, A. (2013). The reshaping of land use and urban form in Denver through transit-oriented development. *Cities*, 30 , σσ. 31-46.
- Renne, J., & Wells, J. (2005). Transit-Oriented Development: Developing a Strategy to Measure Success. *NCHRP Research Results Digest*, 294 . Washington, DC: Transportation Research Board.
- Singh, Y. J., Fard, P., Zuidgeest, M., Brussel, M., & van Maarseveen, M. (2014). Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. *Journal of Transport Geography*, 35 , σσ. 130-143.
- Singh, Y. J., Lukman, A., Flacke, J., Zuidgeest, M., & van Maarseveen, M. (2017). Measuring TOD around transit nodes - Towards TOD policy. *Transport Policy*, 56 , σσ. 96-111.
- Sohoni, A., Thomas, M., & Rao, K. (2017). Application of the concept of transit oriented development to a suburban neighborhood. *Transportation Research Procedia*, 25 , σσ. 3220-3232.
- Stead, D., & Marshall, S. (2001). The Relationships between Urban Form and Travel Patterns. An International Review and Evaluation. *EJTR*, 1, 2 , σσ. 113-141.
- Vreker, R., Nijkamp, P., & Ter Welle, C. (2002). A multicriteria decision support methodology for evaluating airport expansion plans. *Transportation Research Part D*, 7 , σσ. 27-47.
- Wey, W.-M., Zhang, H., & Chang, Y.-J. (2016). Alternative transit-oriented development evaluation in sustainable built environment planning. *Habitat International*, 55 , σσ. 109-123.
- Widyahari, N. L., & Indradjati, P. (2015). The potential of Transit-Oriented Development (TOD) and its opportunity in Bandung Metropolitan Area. *Procedia Environmental Sciences*, 28 , σσ. 474-482.
- Βλαστός, Θ. (2007). Στοιχεία εφαρμογής των επί μέρους πολιτικών. Στο Α. Αραβαντινός, *Πολοδομικός Σχεδιασμός για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου* (σσ. 477-506). Αθήνα: Συμμετρία.
- Βλαστός, Θ., & Μηλάκης, Δ. (2006). *Πολοδομία vs Μεταφορές: από την απόκλιση στη σύγκλιση*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Γιαννακού, Α. (2013). Μετρό και αστική μορφή στη Θεσσαλονίκη: Χαρακτηριστικά, ιδέες σχεδιασμού για την αλληλοσύνδεσή τους και κρίσιμα εμπόδια. *Αειχώρος* 18 , σσ. 116-144.
- Γιαουτζή, Μ., & Στρατηγέα, Α. (2011). *Χωροταξικός Σχεδιασμός : Θεωρία και Πράξη*. Αθήνα: Κριτική.
- Χρονόπουλος, Γ., & Βλαστός, Θ. (2007). Τα εμπόδια στο περπάτημα. Ποσοτική αποτίμηση στην περίπτωση της Αθήνας. *Δίκαιο και Περιβάλλον* 39 , σσ. 38-44.

## **Transit Oriented Development (TOD) towards a different city. Implementation potentials of Athens' Metro Line four**

### **Abstract**

Contemporary cities consist of more and more complexity. The intensive paces of life as well as the spatial expansion of cities highlight the urge of proper accessibility. This accessibility should be based on a combination of alternative means of transport, limiting at the same time the excessive car use. A basic prerequisite is the adoption and implementation of a unified urban and transport planning. Urban public transit-oriented development (Transit Oriented Development-TOD) constitutes a characteristic example of such a planning approach. This method proposes the development of mixed use areas around a public transit station.

The present research investigates the features within each Metro Line 4 station's buffer zone. In addition, it examines whether the above mentioned areas include TOD features or if there is a necessity of transformations sustaining TOD. The methodology begins with the choice of the study area, which has a radius of 600m range (walking duration 10min) around each station. The next step is identifying the TOD's classification criteria and then takes place the implementation of multi-criteria analysis. The data used are derived from various sources such as ELSTAT, the OASA, the openstreetmap etc.

The results reveal the contrast between central and suburban stations (great and small values of TOD respectively), the almost absent differentiation in the individual criteria hierarchies. Thus, the need for spatial reorganization in certain parts of the study area emerges. Finally, the findings of the research that approaches the urban and traffic dimension of the city in a comprehensive way, have a strong potential of contributing to a more sustainable and social city.

Keywords: Athens, Metro Line four, TOD, multi-criteria analysis, GIS